



**RANCANGAN PERCOBAAN TIGA FAKTOR  
DENGAN PENGUKURAN BERULANG  
(*THREE FACTOR EXPERIMENTS WITH REPEATED MEASUREMENT*)**

**SKRIPSI**

Diajukan kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Negeri Yogyakarta untuk memenuhi sebagian persyaratan guna  
memperoleh gelar Sarjana Sains



Disusun Oleh :  
Asfarina Chairunisaa  
09305141011

**PROGRAM STUDI MATEMATIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2013**

# **RANCANGAN PERCOBAAN TIGA FAKTOR DENGAN PENGUKURAN BERULANG (*THREE FACTOR EXPERIMENTS WITH REPEATED MEASUREMENT*)**

Oleh  
Asfarina Chairunisaa  
NIM 09305141011

## **ABSTRAK**

Rancangan percobaan tiga faktor dengan pengukuran berulang merupakan percobaan dengan tiga faktor perlakuan dimana beberapa unit percobaan diukur berulang kali pada waktu yang berbeda. Adanya pengukuran berulang melibatkan faktor antar subjek (*between subject*) dan faktor inter subjek (*within subject*). Faktor *between subject* adalah variabel independen. Sedangkan faktor *within subject* adalah variabel dependen yang dihitung secara berulang-ulang untuk semua anggota sampel. Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk menjelaskan rancangan percobaan tiga faktor pengukuran berulang desain *one within-two between*, *two within-one between*, dan *three within* dengan model tetap serta contoh penerapannya.

Sebelum melakukan pengujian dengan analisis variansi (ANOVA) pengukuran berulang, terlebih dahulu dilakukan pengujian asumsi normalitas dan *sphericity* pada faktor intersubjek. Hipotesis yang diuji pada rancangan percobaan ini adalah pengaruh dari faktor antar subjek, faktor inter subjek, dan interaksi faktor inter subjek dan antar subjek. Pengujian hipotesis tersebut menggunakan statistik uji F.

Contoh penerapan desain *one within-two between* adalah penelitian untuk mengetahui pengaruh jenis kerusakan otak, pelatihan, dan jenis uji memori terhadap jumlah jawaban benar pasien. Jenis kerusakan otak dan pelatihan merupakan faktor *between subject*, sedangkan jenis uji memori merupakan faktor *within subject*. Hasil pengujian yang diperoleh adalah pelatihan, jenis kerusakan otak, jenis uji memori, dan interaksi jenis kerusakan otak dengan jenis uji memori mempengaruhi jumlah jawaban benar pasien. Contoh penerapan desain *two within-one between* adalah penelitian untuk mengetahui pengaruh perbedaan metode, waktu penilaian, dan lokasi merokok terhadap skala keinginan merokok. Metode merupakan faktor *between subject*, sedangkan waktu penilaian dan lokasi merokok merupakan faktor *within subject*. Hasil pengujian yang diperoleh adalah waktu penilaian, lokasi merokok, interaksi metode dengan waktu penilaian, dan interaksi waktu penilaian dengan lokasi mempengaruhi skala keinginan merokok. Contoh penerapan desain *three within* adalah percobaan untuk mengetahui pengaruh waktu pengujian, jenis lintasan, dan ukuran mobil terhadap jumlah kesalahan pada kemudi (*steering errors*). Ketiga faktor tersebut merupakan faktor *within subject*. Hasil pengujian yang diperoleh adalah waktu pengujian, jenis lintasan, ukuran mobil, dan interaksi waktu pengujian dengan ukuran mobil mempengaruhi jumlah kesalahan pada kemudi (*steering errors*).

**Kata kunci :** *repeated measurement, within subject, between subject, sphericity*



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Salah satu bidang ilmu yang dikembangkan dalam statistika yaitu rancangan percobaan. Rancangan percobaan adalah suatu uji atau sederetan uji baik menggunakan statistika deskripsi maupun statistika inferensia, yang bertujuan untuk mengubah input menjadi suatu output yang merupakan respon dari percobaan tersebut (Mattjik & Sumertajaya). Prinsip dasar dari suatu percobaan antara lain adanya pengulangan, pengacakan, dan pengendalian lingkungan.

Suatu rancangan percobaan merupakan satu kesatuan antara rancangan perlakuan, rancangan lingkungan, dan rancangan pengukuran. Rancangan perlakuan merupakan rancangan yang berkaitan dengan bagaimana perlakuan-perlakuan tersebut dibentuk. Komposisi dari suatu perlakuan dapat dibentuk dari satu faktor, dua faktor, tiga faktor, atau lebih. Rancangan lingkungan merupakan rancangan yang berkaitan dengan bagaimana perlakuan-perlakuan tersebut ditempatkan pada unit-unit percobaan. Penempatan perlakuan pada unit percobaan dapat diacak secara langsung terhadap seluruh unit percobaan. Dengan adanya pengacakan tersebut, maka dapat terbentuk rancangan acak lengkap, rancangan acak kelompok lengkap, dan lain-lain. Rancangan pengukuran merupakan rancangan mengenai bagaimana respons percobaan diambil dari unit-unit percobaan yang diteliti.

Penamaan suatu rancangan merupakan kombinasi dari rancangan perlakuan dan rancangan lingkungan yang digunakan. Sebagai contoh jika perlakuan dibentuk dari semua kombinasi taraf-taraf tiga faktor sedangkan pengalokasian perlakuan diacak pada setiap unit percobaan, maka rancangan tersebut disebut rancangan acak lengkap (RAL) tiga faktor. Pada rancangan acak lengkap tiga faktor, setiap kombinasi perlakuan dari ketiga faktor dikenakan pada sejumlah subjek atau unit percobaan yang berbeda.

Pada suatu penelitian di berbagai bidang, banyak percobaan yang dilakukan baik di lapangan maupun di laboratorium. Pengukuran respons dari unit-unit percobaan tersebut dilakukan berulang kali pada waktu yang berbeda tetapi tetap terhadap unit eksperimen yang sama untuk menyelidiki perubahan dari satu periode waktu ke periode waktu berikutnya, atau dengan kata lain ingin diselidiki apakah perlakuan berpengaruh terhadap pola pertumbuhan berdasarkan respons yang diamati. Rancangan percobaan yang sesuai untuk digunakan dalam kasus seperti ini adalah rancangan percobaan dengan pengukuran berulang (*repeated measurement*).

Rancangan pengukuran berulang digunakan pada percobaan yang responnya diamati atau diukur beberapa kali dalam jangka waktu tertentu dan setiap subjek menerima perlakuan yang dialokasikan secara acak. Pada pengukuran berulang ini akan terdapat korelasi antar respons yang diamati. Hal ini terjadi karena pengambilan respons diukur dari subjek yang sama dari waktu ke waktu. Jika jangka waktu pengambilan respons semakin dekat maka korelasi yang terjadi juga semakin besar.

Dengan menggunakan rancangan ini, pengukuran terhadap unit eksperimen (sampel) yang sama atau beberapa sampel dengan karakteristik yang sama membuat perbedaan antar unit eksperimen (sampel) dapat diminimalkan ataupun dihilangkan, sehingga uji statistik yang dilakukan menjadi valid dan percobaan dapat menjadi lebih efektif dan efisien. Pengukuran ini tidak memerlukan banyak sampel untuk menghasilkan jumlah data yang besar. Hanya dengan beberapa kali pengukuran pada sampel yang sama dalam jangka waktu tertentu, maka akan dihasilkan data yang diinginkan (Girden, 1992 : 3).

Berdasarkan modelnya, rancangan percobaan pengukuran berulang terdiri dari model acak, model tetap, dan model campuran. Model ini sesuai dengan bagaimana taraf-taraf dari setiap faktor ditentukan. Model acak digunakan apabila taraf-taraf dari setiap faktornya ditentukan secara acak. Model tetap digunakan apabila taraf-taraf dari setiap faktornya sudah ditetapkan. Sedangkan model campuran merupakan gabungan antara model acak dan model tetap, dimana taraf-taraf dari setiap faktornya ada yang sudah ditetapkan dan ada pula yang ditentukan secara acak.

Rancangan pengukuran berulang melibatkan faktor *between subject* (antar subjek) dan faktor *within subject* (inter subjek). Faktor *between subject* adalah variabel independen. Sedangkan faktor *within subject* adalah variabel dependen yang dihitung secara berulang-ulang untuk semua anggota sampel. Dengan demikian, variansi antar subjek terdiri dari variansi untuk pengaruh utama variabel independen dan interaksinya. Sedangkan variansi inter subjek

terdiri dari pengaruh utama variabel dependen dari waktu ke waktu dan interaksinya.

Tiga faktor yang dicobakan pada rancangan percobaan pengukuran berulang menyebabkan adanya 3 macam pengulangan, yaitu pengulangan hanya pada 1 faktor saja atau yang biasa disebut *One Within Subject-Two Between Subject*, pengulangan pada 2 faktor atau *Two Within Subject-One Between Subject*, dan pengulangan pada ketiga faktornya, yaitu *Three Within Subject*. Dengan adanya faktor *within subject* dan *between subject*, maka pada analisis variansi (ANAVA) dengan pengukuran berulang terdapat dua bagian utama variansi, yaitu variansi antar subjek (*between subject*) dan variansi inter subjek (*within subject*).

Salah satu contoh penerapan dari rancangan percobaan tiga faktor dengan pengukuran berulang, yaitu seorang neuropsikolog menguji pengaruh dari program pelatihan kognitif baru yang dirancang untuk meningkatkan memori pada pasien yang menderita kerusakan otak. Kategori pada kerusakan otak, yaitu: kerusakan pada otak kanan saja, kerusakan pada otak kiri saja, dan kerusakan yang sama pada otak kiri dan kanan. Dipilih enam subjek dari setiap kategori, sebagian subjek dipilih secara acak untuk diberi pelatihan dan sebagian lainnya tidak diberi pelatihan. Penilaian dari pelatihan ini berdasarkan pada empat jenis memori : kata-kata abstrak, kata-kata konkret, wajah manusia, dan gambar garis sederhana. Variabel terikatnya adalah jumlah jawaban yang diidentifikasi dengan benar dalam tes. Faktor inter subjek (*within subject*) pada kasus ini, yaitu jenis memori yang diuji.

Sedangkan faktor antar subjeknya (*between subject*) adalah pelatihan dan jenis kerusakan otak. Contoh penerapan tersebut termasuk rancangan percobaan tiga faktor dengan pengulangan pada satu faktor (*One Within Subject – Two Between Subject*).

Berdasarkan contoh penerapan di atas, terlihat bahwa dengan adanya pengukuran berulang dapat diperoleh data yang cukup besar hanya dengan unit percobaan yang tidak terlalu banyak. Kemudian, dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah faktor *between subject*, *within subject*, dan interaksinya berpengaruh terhadap respons yang diamati. Selain contoh penerapan tersebut, penerapan dari rancangan pengukuran berulang telah dilakukan di hampir semua bidang ilmu sains dan sosial, seperti psikologi, kesehatan, pendidikan, industri, pertanian, dan lain-lain. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini akan dibahas lebih lanjut mengenai rancangan percobaan tiga faktor dengan pengukuran berulang beserta contoh penerapannya.

## **B. Pembatasan Masalah**

Model yang digunakan pada rancangan percobaan tiga faktor dengan pengukuran berulang adalah model tetap, dimana ketiga faktor yang dicobakan sudah ditetapkan sebelumnya. Model tetap dipilih karena penulis ingin memperoleh kesimpulan yang terbatas hanya pada perlakuan-perlakuan yang dicobakan saja. Rancangan lingkungan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL).

### **C. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat diperoleh beberapa rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana membentuk diagram blok pada rancangan percobaan tiga faktor dengan pengukuran berulang?
2. Bagaimana contoh penerapan rancangan percobaan tiga faktor dengan pengukuran berulang?

### **D. Tujuan**

Tujuan penulisan penelitian ini menurut rumusan masalah di atas adalah :

1. Menjelaskan bentuk diagram blok dari rancangan percobaan dengan pengukuran berulang dimana terdapat tiga faktor yang dicobakan.
2. Menjelaskan penerapan rancangan percobaan tiga faktor dengan pengukuran berulang.

### **E. Manfaat**

1. Dapat menambah pengetahuan dan pemahaman bagi penulis dan mahasiswa yang tertarik mengenai rancangan percobaan dengan pengukuran berulang, khususnya dengan tiga faktor yang dicobakan.
2. Dapat dijadikan referensi tambahan bagi pembaca mengenai matematika statistik dalam bidang rancangan percobaan.



## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **A. Rancangan Acak Lengkap (RAL) 3 Faktor**

Rancangan acak lengkap merupakan salah satu bentuk rancangan lingkungan yang berkaitan dengan bagaimana perlakuan-perlakuan dikenakan pada unit percobaan. RAL adalah rancangan dimana perlakuan dikenakan sepenuhnya secara acak kepada unit-unit percobaan. Dengan demikian, tidak terdapat batasan terhadap pengacakan seperti misalnya dengan adanya pemblokkan dan pengalokasian daripada perlakuan terhadap unit-unit eksperimen.

Rancangan ini merupakan rancangan paling sederhana yang digunakan pada rancangan yang memiliki unit-unit percobaan yang relatif homogen. Apabila unit-unit percobaan bersifat heterogen maka diperlukan pengelompokkan, dan sebaiknya menggunakan rancangan acak kelompok.

Secara umum asumsi-asumsi yang perlu diperhatikan pada rancangan acak lengkap, antara lain :

##### **1. Uji Normalitas**

Pengujian ini dilakukan untuk memeriksa apakah data yang telah dikumpulkan berdistribusi normal atau diambil dari populasi berdistribusi normal. Ada banyak uji yang digunakan dalam menguji normalitas. Misalnya jika dilihat dari plot, data dikatakan memenuhi asumsi berdistribusi normal apabila plot sudah mendekati garis linier. Dengan menggunakan uji statistik normalitas, kenormalan suatu data juga dapat

dilihat dari nilai P-Value yang dibandingkan dengan nilai  $\alpha$ . Data berdistribusi normal jika nilai P-Value  $> \alpha$ .

## 2. Uji Homogenitas

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah data sampel berasal dari populasi yang memiliki variansi yang sama atau homogen. Uji homogenitas yang paling umum dilakukan adalah uji Bartlett. Sebelum uji Bartlett dilakukan, terlebih dahulu harus diperiksa mengenai normalitas populasinya. Kehomogenan data pada uji Bartlett adalah dengan memperhatikan nilai P-Value jika lebih besar dari  $\alpha$  atau jika nilai  $\chi^2$  kurang dari  $\chi^2_{\text{tabel}}$ , maka data memiliki variansi yang sama atau homogen.

## 3. Independen

Nilai residual dan data setiap pengamatan satuan percobaan dikatakan independen apabila plot residualnya menyebar secara acak dan tidak membentuk pola tertentu. Salah satu cara agar residual bersifat independen adalah dengan melakukan pengacakan terhadap unit percobaan pada setiap kelompok perlakuan.

Dengan adanya 3 faktor perlakuan yang dikenakan pada unit percobaan, dimisalkan faktor pertama adalah faktor A dengan taraf sebanyak  $i$ , faktor kedua adalah faktor B dengan taraf sebanyak  $j$ , dan faktor ketiga adalah faktor C dengan taraf sebanyak  $k$ . Kemudian, kombinasi dari ketiga faktor perlakuan tersebut dikenakan pada  $n$  independen subjek dalam setiap

kombinasi perlakuan, maka layout desain dari rancangan ini disajikan dalam tabel berikut ini :

Tabel 2.1 *Layout* Rancangan Acak Lengkap 3 Faktor

|                |                | C1               | C2               | ... | C <sub>k</sub>   |
|----------------|----------------|------------------|------------------|-----|------------------|
| A1             | B1             | X <sub>111</sub> | X <sub>112</sub> | ... | X <sub>11k</sub> |
|                | B2             | X <sub>121</sub> | X <sub>122</sub> | ... | X <sub>12k</sub> |
|                | ...            | ...              | ...              | ... | ...              |
|                | B <sub>j</sub> | X <sub>1j1</sub> | X <sub>1j2</sub> | ... | X <sub>1jk</sub> |
| A2             | B1             | X <sub>211</sub> | X <sub>212</sub> | ... | X <sub>21k</sub> |
|                | B2             | X <sub>221</sub> | X <sub>222</sub> | ... | X <sub>22k</sub> |
|                | ...            | ...              | ...              | ... | ...              |
|                | B <sub>j</sub> | X <sub>2j1</sub> | X <sub>2j2</sub> | ... | X <sub>2jk</sub> |
| ...            | ...            | ...              | ...              | ... | ...              |
| A <sub>i</sub> | B1             | X <sub>i11</sub> | X <sub>i12</sub> | ... | X <sub>i1k</sub> |
|                | B2             | X <sub>i21</sub> | X <sub>i22</sub> | ... | X <sub>i2k</sub> |
|                | ...            | ...              | ...              | ... | ...              |
|                | B <sub>j</sub> | X <sub>ij1</sub> | X <sub>ij2</sub> | ... | X <sub>ijk</sub> |

Salah satu bentuk diagram blok rancangan acak lengkap dengan tiga faktor adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Diagram Blok RAL 3 Faktor

|    | A1        |           | A2        |           | A3        |           |
|----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|    | B1        | B2        | B1        | B2        | B1        | B2        |
| C1 | R1 – R3   | R4 – R6   | R7 – R9   | R10 – R12 | R13 – R15 | R16 – R18 |
| C2 | R19 – R21 | R22 – R24 | R25 – R27 | R28 – R30 | R31 – R33 | R34 – R36 |
| C3 | R37 – R39 | R40 – R42 | R43 – R45 | R46 – R48 | R49 – R51 | R52 – R54 |
| C4 | R55 – R57 | R58 – R60 | R61 – R63 | R64 – R66 | R67 – R69 | R70 – R72 |

Pada diagram blok di atas, terdapat tujuh puluh dua unit percobaan yang ditempatkan pada 3 taraf faktor A, 2 taraf faktor B, dan 4 taraf faktor C.

Dimana terdapat tiga unit percobaan atau subjek pada setiap kombinasi perlakuan.

Berdasarkan diagram blok di atas terdapat faktor A, faktor B, faktor C, interaksi faktor AB, interaksi faktor AC, interaksi faktor BC, interaksi faktor ABC, dan galat R/ABC. Jadi, diperoleh sumber variansi A, B, C, AB, AC, BC, ABC, dan R/ABC.

Model rancangan acak lengkap 3 faktor sebagai berikut :

$$X_{npqr} = \mu + \alpha_p + \beta_q + (\alpha\beta)_{pq} + \gamma_r + (\alpha\gamma)_{pr} + (\beta\gamma)_{qr} + (\alpha\beta\gamma)_{pqr} + e_{npqr}$$

dengan :

$$p = 1, 2, \dots, i$$

$$q = 1, 2, \dots, j$$

$$r = 1, 2, \dots, k$$

$$n = 1, 2, \dots, l$$

$X_{npqr}$  = observasi/pengamatan pada satuan percobaan ke n dari kombinasi perlakuan pqr dengan faktor A taraf ke p, faktor B taraf ke q, dan faktor C taraf ke r

$\mu$  = rata-rata umum

$\alpha_p$  = pengaruh faktor A pada taraf ke p

$\beta_q$  = pengaruh faktor B pada taraf ke q

$\gamma_r$  = pengaruh faktor C pada taraf ke r

$(\alpha\beta)_{pq}$  = pengaruh interaksi faktor A taraf ke p dan faktor B taraf ke q

$(\alpha\gamma)_{pr}$  = pengaruh interaksi faktor A taraf ke p dan faktor C taraf ke r

$(\beta\gamma)_{qr}$  = pengaruh interaksi faktor B taraf ke q dan faktor C taraf ke r

$(\alpha\beta\gamma)_{pqr}$  = pengaruh interaksi faktor A taraf ke p, faktor B taraf ke q, dan faktor C taraf ke r

$e_{npqr}$  = pengaruh eror/galat yang muncul dari kombinasi percobaan ke n dalam faktor A taraf ke p, faktor B taraf ke q, dan faktor C taraf ke r

Karena model yang digunakan adalah model tetap, maka asumsi


$$\text{model di atas adalah } \sum_{p=1}^i \alpha_p = 0, \quad \sum_{q=1}^j \beta_q = 0, \quad \sum_{r=1}^k \gamma_r = 0,$$

$$\sum_{p=1}^i (\alpha\beta)_{pq} = 0, \quad \sum_{q=1}^j (\alpha\beta)_{pq} = 0, \quad \sum_{p=1}^i (\alpha\gamma)_{pr} = 0, \quad \sum_{r=1}^k (\alpha\gamma)_{pr} =$$

$0, \sum_{p=1}^i (\alpha\beta\gamma)_{pqr} = 0, \sum_{q=1}^j (\alpha\beta\gamma)_{pqr} = 0, \text{ dan } \sum_{r=1}^k (\alpha\beta\gamma)_{pqr} = 0.$  Serta,  $e_{npqr}$  berdistribusi  $N(0, \sigma^2)$ .

Berdasarkan model yang digunakan, yaitu model tetap, maka E(KT) dapat dituliskan sebagai berikut :

Tabel 2.3 Tabel E(KT) RAL 3 Faktor Model Tetap

| SV    | E(KT), Model Tetap                 | Fhitung                           |
|-------|--|-----------------------------------|
| A     | $\sigma_{e_{npqr}}^2 + jkl \frac{\sum_{p=1}^i \alpha_p^2}{(i-1)}$  | $F_A = \frac{KTA}{KTR/ABC}$       |
| B     | $\sigma_{e_{npqr}}^2 + ikl \frac{\sum_{q=1}^j \beta_q^2}{(j-1)}$   | $F_B = \frac{KTB}{KTR/ABC}$       |
| AB    | $\sigma_{e_{npqr}}^2 + kl \frac{\sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j (\alpha\beta)_{pq}^2}{(i-1)(j-1)}$                         | $F_{AB} = \frac{KTAB}{KTR/ABC}$   |
| C     | $\sigma_{e_{npqr}}^2 + ijl \frac{\sum_{r=1}^k \gamma_r^2}{(k-1)}$  | $F_C = \frac{KTC}{KTR/ABC}$       |
| AC    | $\sigma_{e_{npqr}}^2 + jl \frac{\sum_{p=1}^i \sum_{r=1}^k (\alpha\gamma)_{pr}^2}{(i-1)(k-1)}$                        | $F_{AC} = \frac{KTAC}{KTR/ABC}$   |
| BC    | $\sigma_{e_{npqr}}^2 + il \frac{\sum_{q=1}^j \sum_{r=1}^k (\beta\gamma)_{qr}^2}{(j-1)(k-1)}$                         | $F_{BC} = \frac{KTBC}{KTR/ABC}$   |
| ABC   | $\sigma_{e_{npqr}}^2 + l \frac{\sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j \sum_{r=1}^k (\alpha\beta\gamma)_{pqr}^2}{(i-1)(j-1)(k-1)}$ | $F_{ABC} = \frac{KTABC}{KTR/ABC}$ |
| R/ABC | $\sigma_{e_{npqr}}^2$  |                                   |

Dari tabel 2.3 di atas diperoleh tabel ANAVA sebagai berikut :

Tabel 2.4 Tabel ANAVA RAL 3 Faktor

| SV    | db              | JK      | KT                                  | Fhitung                            | Ftabel                      |
|-------|-----------------|---------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|
| A     | i-1             | JKA     | $KTA = \frac{JKA}{dbA}$             | $F_A = \frac{KTA}{KTR/ABC}$        | $F_\alpha (dbA, dbR/ABC)$   |
| B     | j-1             | JKB     | $KT B = \frac{JKB}{dbB}$            | $F_B = \frac{KT B}{KTR/ABC}$       | $F_\alpha (dbB, dbR/ABC)$   |
| AB    | (i-1)(j-1)      | JKAB    | $KT AB = \frac{JKAB}{dbAB}$         | $F_{AB} = \frac{KT AB}{KTR/ABC}$   | $F_\alpha (dbAB, dbR/ABC)$  |
| C     | k-1             | JKC     | $KT C = \frac{JKC}{dbC}$            | $F_C = \frac{KT C}{KTR/ABC}$       | $F_\alpha (dbC, dbR/ABC)$   |
| AC    | (i-1)(k-1)      | JKAC    | $KT AC = \frac{JKAC}{dbAC}$         | $F_{AC} = \frac{KT AC}{KTR/ABC}$   | $F_\alpha (dbAC, dbR/ABC)$  |
| BC    | (j-1)(k-1)      | JKBC    | $KT BC = \frac{JKBC}{dbBC}$         | $F_{BC} = \frac{KT BC}{KTR/ABC}$   | $F_\alpha (dbBC, dbR/ABC)$  |
| ABC   | (i-1)(j-1)(k-1) | JKABC   | $KT ABC = \frac{JKABC}{dbABC}$      | $F_{ABC} = \frac{KT ABC}{KTR/ABC}$ | $F_\alpha (dbABC, dbR/ABC)$ |
| R/ABC | ijk (I-1)       | JKR/ABC | $KTR/ABC = \frac{JKR/ABC}{dbR/ABC}$ |                                    |                             |
| Total | ijk/ -1         | JKT     |                                     |                                    |                             |

dengan :

$$\text{JKA} = \frac{\sum_{p=1}^i X_{\dot{p}\cdot}^2}{jkl} - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j \sum_{r=1}^k X_{npqr})^2}{ijkl}$$

$$\text{JKB} = \frac{\sum_{q=1}^j X_{\dot{q}\cdot}^2}{ikl} - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j \sum_{r=1}^k X_{npqr})^2}{ijkl}$$

$$\text{JKAB} = \frac{\sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{\dot{p}q\cdot}^2}{kl} - \frac{\sum_{p=1}^i X_{\dot{p}\cdot}^2}{jkl} - \frac{\sum_{q=1}^j X_{\dot{q}\cdot}^2}{ikl} + \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j \sum_{r=1}^k X_{npqr})^2}{ijkl}$$

$$\text{JKC} = \frac{\sum_{r=1}^k X_{\cdot\cdot r}^2}{ijl} - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j \sum_{r=1}^k X_{npqr})^2}{ijkl}$$

$$\text{JKAC} = \frac{\sum_{p=1}^i \sum_{r=1}^k X_{\dot{p}r\cdot}^2}{jl} - \frac{\sum_{p=1}^i X_{\dot{p}\cdot}^2}{jkl} - \frac{\sum_{r=1}^k X_{\cdot\cdot r}^2}{ijl} + \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j \sum_{r=1}^k X_{npqr})^2}{ijkl}$$

$$\text{JKBC} = \frac{\sum_{q=1}^j \sum_{r=1}^k X_{\dot{q}r\cdot}^2}{il} - \frac{\sum_{q=1}^j X_{\dot{q}\cdot}^2}{ikl} - \frac{\sum_{r=1}^k X_{\cdot\cdot r}^2}{ijl} + \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j \sum_{r=1}^k X_{npqr})^2}{ijkl}$$

$$\text{JKABC} = \frac{\sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j \sum_{r=1}^k X_{\dot{p}q\cdot}^2}{l} - \frac{\sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{\dot{p}q\cdot}^2}{kl} - \frac{\sum_{p=1}^i \sum_{r=1}^k X_{\dot{p}r\cdot}^2}{jl} - \frac{\sum_{q=1}^j \sum_{r=1}^k X_{\dot{q}r\cdot}^2}{il} + \frac{\sum_{p=1}^i X_{\dot{p}\cdot}^2}{jkl} + \frac{\sum_{q=1}^j X_{\dot{q}\cdot}^2}{ikl} + \frac{\sum_{r=1}^k X_{\cdot\cdot r}^2}{ijl} - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j \sum_{r=1}^k X_{npqr})^2}{ijkl}$$

$$\text{JKR/ABC} = \sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j \sum_{r=1}^k X_{npqr}^2 - \frac{\sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j \sum_{r=1}^k X_{\dot{p}qr}^2}{l}$$

$$\text{JKT} = \sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j \sum_{r=1}^k X_{npqr}^2 - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j \sum_{r=1}^k X_{npqr})^2}{ijkl}$$

## B. Rancangan Percobaan Satu Faktor dengan Pengukuran Berulang (Pada Semua Perlakuan)

Pada rancangan ini, semua perlakuan dengan total  $l$  unit percobaan (subjek) ditentukan secara acak untuk menerima setiap perlakuan. Model paling umum yang digunakan dalam rancangan ini mengasumsikan bahwa pengaruh perlakuan adalah tetap.

Dengan adanya satu faktor perlakuan yang dikenakan pada unit percobaan (subjek), dimisalkan faktor A dengan taraf sebanyak  $i$  dan setiap taraf dari faktor perlakuan tersebut dikenakan pada  $l$  unit percobaan yang sama, maka layout desain dari rancangan ini disajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.5 *Layout* Desain Rancangan Satu Faktor Pengukuran Berulang

| Subjek | A1              | A2              | ... | A <sub>i</sub>  |
|--------|-----------------|-----------------|-----|-----------------|
| 1      | X <sub>11</sub> | X <sub>12</sub> | ... | X <sub>1i</sub> |
| 2      | X <sub>21</sub> | X <sub>22</sub> | ... | X <sub>2i</sub> |
| ⋮      | ⋮               | ⋮               |     | ⋮               |
| $l$    | X <sub>l1</sub> | X <sub>l2</sub> | ... | X <sub>li</sub> |

Bentuk diagram blok rancangan percobaan satu faktor dengan pengukuran berulang adalah sebagai berikut :

Tabel 2.6 Diagram Blok Rancangan Satu Faktor Pengukuran Berulang

| A1     | A2     | A3     | A4     |
|--------|--------|--------|--------|
| R1-R4  | R1-R4  | R1-R4  | R1-R4  |
| R5-R8  | R5-R8  | R5-R8  | R5-R8  |
| R9-R12 | R9-R12 | R9-R12 | R9-R12 |



Pada diagram blok di atas, terdapat dua belas unit percobaan yang ditempatkan pada setiap taraf faktor A, dengan dimisalkan terdapat 4 taraf pada faktor A. Berdasarkan diagram blok di atas terdapat faktor A dan galat RA. Jadi, diperoleh sumber variansi A dan RA.

Model rancangan percobaan satu faktor dengan pengukuran berulang sebagai berikut :

$$X_{np} = \mu + \alpha_p + e_{np}$$

dengan :

$$p = 1, 2, \dots, i$$

$$n = 1, 2, \dots, l$$

$X_{np}$  = observasi/pengamatan pada satuan percobaan ke n dari perlakuan faktor A taraf ke p

$\mu$  = rata-rata umum

$\alpha_p$  = pengaruh faktor A pada taraf ke p

$e_{np}$  = pengaruh eror/galat yang muncul dari kombinasi percobaan ke n dalam faktor A taraf ke p

Karena model yang digunakan adalah model tetap, maka asumsi model di atas adalah  $\sum_{p=1}^i \alpha_p = 0$  dan  $e_{np}$  berdistribusi  $N(0, \sigma^2)$ .

Berdasarkan model yang digunakan, yaitu model tetap, maka tabel analisis variansi untuk rancangan percobaan satu faktor dengan pengukuran berulang dapat dituliskan sebagai berikut :

Tabel 2.7 Tabel ANAVA Rancangan Satu Faktor Pengukuran Berulang

| SV              | Db           | JK                 | KT                         | E(KT),<br>Model Tetap   | Fhitung                   | Ftabel                  |
|-----------------|--------------|--------------------|----------------------------|---|---------------------------|-------------------------|
| Bet.<br>Subject | $l - 1$      | JK Bet.<br>Subject |                            |   |                           |                         |
| Wit.<br>Subject | $l(i-1)$     | JK Wit.<br>Subject |                            |   |                           |                         |
| A               | $(i-1)$      | JKA                | $KTA = \frac{JKA}{dbA}$    | $\sigma_{e_{np}}^2 + l \frac{\sum_{p=1}^i \alpha_p^2}{(i-1)}$ | $F_A = \frac{KTA}{KT RA}$ | $F_{\alpha}(dbA, dbRA)$ |
| RA              | $(i-1)(l-1)$ | JKRA               | $KTRA = \frac{JKRA}{dbRA}$ | $\sigma_{e_{np}}^2$   |                           |                         |
| Total           | $il - 1$     | JKT                |                            |   |                           |                         |

dengan :

$$JKA = \frac{\sum_{p=1}^i X_p^2}{l} - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i X_{np})^2}{il}$$

$$JKRA = \sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i X_{np}^2 - \frac{\sum_{p=1}^i X_p^2}{l} - \frac{\sum_{n=1}^l X_n^2}{i} - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i X_{np})^2}{il}$$

$$JKT = \sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i X_{np}^2 - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i X_{np})^2}{il}$$

$$JK \text{ Wit. Subject} = JKA + JKRA$$

$$JK \text{ Bet. Subject} = JKT - JK \text{ Wit. Subject}$$

### C. Rancangan Percobaan Dua Faktor dengan Pengukuran Berulang

Pada rancangan ini, dengan adanya 2 faktor perlakuan yang dicobakan, maka terdapat 2 macam pengulangan, yaitu pengulangan hanya pada salah satu 1 faktor saja atau yang biasa disebut dengan desain *One Between – One*

*Within Subject*. Kemudian pengulangan pada kedua faktornya atau yang biasa disebut dengan desain *Two Within Subject*.

### 1. Pengulangan pada satu faktor (*One Between – One Within Subject*)

Terdapat faktor A dengan taraf sebanyak  $i$  dengan  $l$  kelompok subjek yang berbeda pada masing-masing taraf, yang masing-masing subjek tersebut diberi perlakuan faktor B secara berulang kali sebanyak  $j$  perlakuan. Dimisalkan pengulangan pada faktor B, maka layout desainnya sebagai berikut :

Tabel 2.8 *Layout Desain One Between-One Within Subject*

|          | Subjek   | B1        | B2        | ... | Bj        |
|----------|----------|-----------|-----------|-----|-----------|
| A1       | 1        | $X_{111}$ | $X_{112}$ | ... | $X_{11j}$ |
|          | 2        | $X_{211}$ | $X_{212}$ |     | $X_{21j}$ |
|          | $\vdots$ | $\vdots$  | $\vdots$  |     | $\vdots$  |
|          | $l$      | $X_{l11}$ | $X_{l12}$ |     | $X_{l1j}$ |
| A2       | 1        | $X_{121}$ | $X_{122}$ | ... | $X_{12j}$ |
|          | 2        | $X_{221}$ | $X_{222}$ |     | $X_{22j}$ |
|          | $\vdots$ | $\vdots$  | $\vdots$  |     | $\vdots$  |
|          | $l$      | $X_{l21}$ | $X_{l22}$ |     | $X_{l2j}$ |
| $\vdots$ | ...      | ...       | ...       | ... | ...       |
| Ai       | 1        | $X_{1i1}$ | $X_{1i2}$ | ... | $X_{1ij}$ |
|          | 2        | $X_{2i1}$ | $X_{2i2}$ |     | $X_{2ij}$ |
|          | $\vdots$ | $\vdots$  | $\vdots$  |     | $\vdots$  |
|          | $l$      | $X_{li1}$ | $X_{li2}$ |     | $X_{lij}$ |

Salah satu bentuk diagram blok rancangan percobaan dua faktor dengan pengukuran berulang pada salah satu faktor (desain *one between-one within subject*) adalah sebagai berikut :

Tabel 2.9 Diagram Blok Desain *One Between-One Within Subject*

|    | B1      | B2      | B3      | B4      |
|----|---------|---------|---------|---------|
| A1 | R1-R4   | R1-R4   | R1-R4   | R1-R4   |
| A2 | R5-R8   | R5-R8   | R5-R8   | R5-R8   |
| A3 | R9-R12  | R9-R12  | R9-R12  | R9-R12  |
| A4 | R13-R16 | R13-R16 | R13-R16 | R13-R16 |

Pada diagram blok di atas, terdapat enam belas unit percobaan yang ditempatkan pada empat taraf faktor A (*between subject*) dengan empat unit percobaan di setiap tarafnya. Setiap unit percobaan pada setiap taraf faktor A mendapatkan perlakuan, yaitu faktor B (*within subject*), sebanyak empat taraf secara berulang.

Berdasarkan diagram blok di atas terdapat faktor A, faktor B, interaksi faktor AB, dan dua galat, yaitu R/A dan RB/A. Jadi, diperoleh sumber variansi A, B, AB, R/A dan RB/A.

Model rancangan percobaan dua faktor dengan pengukuran berulang pada salah satu faktor adalah sebagai berikut :

$$X_{npq} = \mu + \alpha_p + \beta_q + (\alpha\beta)_{pq} + e_{np} + e_{npq}$$

dengan :

$$p = 1, 2, \dots, i$$

$$q = 1, 2, \dots, j$$

$$n = 1, 2, \dots, l$$

$X_{npq}$  = observasi/pengamatan pada satuan percobaan ke n dari kombinasi perlakuan taraf ke p dari faktor A dan taraf ke q dari faktor B

$\mu$  = rata-rata umum

$\alpha_p$  = pengaruh faktor A pada taraf ke p

$\beta_q$  = pengaruh faktor B pada taraf ke q

$(\alpha\beta)_{pq}$  = pengaruh interaksi perlakuan faktor A pada taraf ke p dan

perlakuan faktor B pada taraf ke q  
 $e_{np}$  = pengaruh eror/galat yang muncul dari satuan percobaan ke n dalam faktor A pada taraf ke p  
 $e_{npq}$  = pengaruh eror/galat yang muncul dari kombinasi satuan percobaan ke n dan faktor B pada taraf ke q dalam faktor A pada taraf ke p

Karena model yang digunakan adalah model tetap, maka asumsi model di atas adalah  $\sum_{p=1}^i \alpha_p = 0$ ,  $\sum_{q=1}^j \beta_q = 0$ ,  $\sum_{p=1}^i (\alpha\beta)_{pq} = 0$ , dan  $\sum_{q=1}^j (\alpha\beta)_{pq} = 0$ . Serta,  $e_{np}$  berdistribusi  $N(0, \sigma_1^2)$  dan  $e_{npq}$  berdistribusi  $N(0, \sigma_2^2)$ .

Berdasarkan model yang digunakan, yaitu model tetap, maka tabel analisis variansi untuk rancangan percobaan dua faktor dengan pengukuran berulang pada salah satu faktornya dapat dituliskan sebagai berikut :

Tabel 2.10 Tabel ANAVA Rancangan Dua Faktor Pengukuran Berulang pada Satu Faktor

| SV           | db           | JK              | KT                               | E(KT), Model Tetap   | Fhitung                        | Ftabel                    |
|--------------|--------------|-----------------|----------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------|
| Bet. Subject | i/ - 1       | JK Bet. Subject |                                  |  |                                |                           |
| A            | i - 1        | JKA             | $KTA = \frac{JKA}{dbA}$          | $j \sigma_{e_{np}}^2 + jl \frac{\sum_{p=1}^i \alpha_p^2}{(i-1)}$                           | $F_A = \frac{KTA}{KTR/A}$      | $F_\alpha (dbA, dbR/A)$   |
| R/A          | i (l - 1)    | JKR/A           | $KTR/A = \frac{JKR/A}{dbR/A}$    | $j \sigma_{e_{np}}^2$  |                                |                           |
| Wit. Subject | ijl - i/     | JK Wit. Subject |                                  |  |                                |                           |
| B            | j - 1        | JKB             | $KTB = \frac{JKB}{dbB}$          | $\sigma_{e_{npq}}^2 + il \frac{\sum_{q=1}^j \beta_q^2}{(j-1)}$                             | $F_B = \frac{KTB}{KTRB/A}$     | $F_\alpha (dbB, dbRB/A)$  |
| AB           | (i-1)(j-1)   | JKAB            | $KTAB = \frac{JKAB}{dbAB}$       | $\sigma_{e_{npq}}^2 + l \frac{\sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j (\alpha\beta)_{pq}^2}{(i-1)(j-1)}$ | $F_{AB} = \frac{KTAB}{KTRB/A}$ | $F_\alpha (dbAB, dbRB/A)$ |
| RB/A         | i (j-1)(l-1) | JKRB/A          | $KTRB/A = \frac{JKRB/A}{dbRB/A}$ | $\sigma_{e_{npq}}^2$   |                                |                           |
| Total        | ijl - 1      | JKT             |                                  |  |                                |                           |

dengan :

$$JKA = \frac{\sum_{p=1}^i X_{p.}^2}{jl} - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{npq})^2}{ijl}$$

$$JKB = \frac{\sum_{q=1}^j X_{.q}^2}{il} - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{npq})^2}{ijl}$$

$$JKAB = \frac{\sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{pq}^2}{l} - \frac{\sum_{q=1}^j X_{.q}^2}{il} - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{npq})^2}{ijl}$$

$$JKR/A = \frac{\sum_{n=1}^k \sum_{p=1}^i X_{np.}^2}{j} - \frac{\sum_{p=1}^i X_{p.}^2}{jl}$$

$$JKRB/A = \sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{npq}^2 - \frac{\sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{pq}^2}{l} - \frac{\sum_{n=1}^k \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{npq}^2}{j} - \frac{\sum_{p=1}^i X_{p.}^2}{jl}$$

$$JKT = \sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{npq}^2 - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{npq})^2}{ijl}$$

$$JK \text{ Bet. Subject} = JKA + JKR/A$$

$$JK \text{ Wit. Subject} = JKB + JKAB + JKRB/A$$

## 2. Pengulangan pada kedua faktor (*Two Within Subject*)

Terdapat faktor A dengan taraf sebanyak  $i$  dan faktor B dengan taraf sebanyak  $j$ . Kemudian terdapat  $l$  subjek yang masing-masing subjek tersebut diberi perlakuan kombinasi faktor A dan B secara berulang kali sebanyak  $ij$  perlakuan, maka layout desainnya sebagai berikut :

Tabel 2.11 *Layout Desain Two Within Subject*

| Subjek   | A1        |           |     |           | ... | Ai        |           |     |           |
|----------|-----------|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----------|-----|-----------|
|          | B1        | B2        | ... | Bj        |     | B1        | B2        | ... | Bj        |
| 1        | $X_{111}$ | $X_{112}$ |     | $X_{11j}$ |     | $X_{1i1}$ | $X_{1i2}$ |     | $X_{1ij}$ |
| 2        | $X_{211}$ | $X_{212}$ |     | $X_{21j}$ |     | $X_{2i1}$ | $X_{2i2}$ |     | $X_{2ij}$ |
| 3        | $X_{311}$ | $X_{312}$ | ... | $X_{31j}$ | ... | $X_{3i1}$ | $X_{3i2}$ | ... | $X_{3ij}$ |
| $\vdots$ | $\vdots$  | $\vdots$  |     | $\vdots$  |     | $\vdots$  | $\vdots$  |     | $\vdots$  |
| $l$      | $X_{l11}$ | $X_{l12}$ |     | $X_{l1j}$ |     | $X_{li1}$ | $X_{li2}$ |     | $X_{lij}$ |

Salah satu bentuk diagram blok rancangan percobaan dua faktor dengan pengukuran berulang pada kedua faktornya (desain *two within subject*) adalah sebagai berikut :

Tabel 2.12 Diagram Blok Desain *Two Within Subject*

| A1      |         | A2      |         | A3      |         |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| B1      | B2      | B1      | B2      | B1      | B2      |
| R1-R4   | R1-R4   | R1-R4   | R1-R4   | R1-R4   | R1-R4   |
| R5-R8   | R5-R8   | R5-R8   | R5-R8   | R5-R8   | R5-R8   |
| R9-R12  | R9-R12  | R9-R12  | R9-R12  | R9-R12  | R9-R12  |
| R13-R16 | R13-R16 | R13-R16 | R13-R16 | R13-R16 | R13-R16 |

Pada diagram blok di atas, terdapat enam belas unit percobaan yang ditempatkan pada kombinasi faktor A dan faktor B secara berulang.



Karena terdapat 3 taraf pada faktor A dan 2 taraf pada faktor B, maka masing-masing unit percobaan diberi perlakuan sebanyak 6 perlakuan.

Berdasarkan diagram blok di atas terdapat faktor A, faktor B, interaksi faktor AB, dan tiga galat, yaitu RA, RB, dan RAB. Ketiga galat ini diperoleh dari R yang sama untuk setiap faktor A, faktor B, dan interaksi faktor AB. Jadi, diperoleh sumber variansi A, B, AB, RA, RB, dan RAB.

Model rancangan percobaan dua faktor dengan pengukuran berulang pada kedua faktornya adalah sebagai berikut :

$$X_{npq} = \mu + \alpha_p + \beta_q + (\alpha\beta)_{pq} + e_{np} + e_{nq} + e_{npq}$$

dengan :

$p = 1, 2, \dots, i$

$q = 1, 2, \dots, j$

$n = 1, 2, \dots, l$

$X_{npq}$  = observasi/pengamatan pada satuan percobaan ke n dari kombinasi perlakuan taraf ke p dari faktor A dan taraf ke q dari faktor B

$\mu$  = rata-rata umum

$\alpha_p$  = pengaruh faktor A pada taraf ke p

$\beta_q$  = pengaruh faktor B pada taraf ke q

$(\alpha\beta)_{pq}$  = pengaruh interaksi perlakuan faktor A pada taraf ke p dan perlakuan faktor B pada taraf ke q

$e_{np}$  = pengaruh eror/galat yang muncul dari satuan percobaan ke n dan faktor A pada taraf ke p

$e_{nq}$  = pengaruh eror/galat yang muncul dari satuan percobaan ke n dan faktor B pada taraf ke q

$e_{npq}$  = pengaruh eror/galat yang muncul dari kombinasi satuan percobaan ke n, faktor A pada taraf ke p, dan faktor B pada taraf ke q

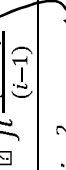
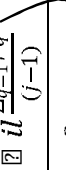

Karena model yang digunakan adalah model tetap, maka asumsi model

di atas adalah  $\sum_{p=1}^i \alpha_p = 0$ ,  $\sum_{q=1}^j \beta_q = 0$ ,  $\sum_{p=1}^i (\alpha\beta)_{pq} = 0$ , dan

$\sum_{q=1}^j (\alpha\beta)_{pq} = 0$ . Serta,  $e_{np}$  berdistribusi  $N(0, \sigma_1^2)$ ,  $e_{nq}$  berdistribusi  $N(0, \sigma_2^2)$ , dan  $e_{npq}$  berdistribusi  $N(0, \sigma_3^2)$ .

Berdasarkan model yang digunakan, yaitu model tetap, maka tabel analisis variansi untuk rancangan percobaan dua faktor dengan pengukuran berulang pada kedua faktornya dapat dituliskan sebagai berikut :

Tabel 2.13 Tabel ANAVA Rancangan Dua Faktor Pengukuran Berulang pada Kedua Faktornya

| SV              | db                | JK                 | KT                            | E (KT),<br>Model Tetap   | Fhitung                         | Ftabel                   |
|-----------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|--|---------------------------------|--------------------------|
| Bet.<br>Subject | $l - 1$           | JK Bet.<br>Subject |                               |  |                                 |                          |
| Wit.<br>Subject | $ijl - l$         | JK Wit.<br>Subject |                               |  |                                 |                          |
| A               | $i - 1$           | JKA                | $KTA = \frac{JKA}{dbA}$       | $j \sigma_{e_{np}}^2 \boxtimes jl \frac{\sum_{p=1}^i \alpha_p^2}{(i-1)}$                              | $F_A = \frac{KTA}{KT RA}$       | $F_\alpha$ (dbA, dbRA)   |
| RA              | $(i - 1)(l - 1)$  | JKRA               | $KTRA = \frac{JKRA}{dbRA}$    | $j \sigma_{e_{np}}^2$  |                                 |                          |
| B               | $j - 1$           | JKB                | $KTB = \frac{JKB}{dbB}$       | $i \sigma_{e_{nq}}^2 \boxtimes il \frac{\sum_{q=1}^j \beta_q^2}{(j-1)}$                               | $F_B = \frac{KT B}{KT RB}$      | $F_\alpha$ (dbB, dbRB)   |
| RB              | $(j - 1)(l - 1)$  | JKRB               | $KTRB = \frac{JKRB}{dbRB}$    | $i \sigma_{e_{nq}}^2$  |                                 |                          |
| AB              | $(i - 1)(j - 1)$  | JKAB               | $KTAB = \frac{JKAB}{dbAB}$    | $\sigma_{e_{npq}}^2 \boxtimes l \frac{\sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j (\alpha\beta)_{pq}^2}{(i-1)(j-1)}$  | $F_{AB} = \frac{KT AB}{KT RAB}$ | $F_\alpha$ (dbAB, dbRAB) |
| RAB             | $(i-1)(j-1)(l-1)$ | JKRAB              | $KTRAB = \frac{JKRAB}{dbRAB}$ | $\sigma_{e_{npq}}^2$   |                                 |                          |
| Total           | $ijl - 1$         | $(ijl) - (1)$      |                               |  |                                 |                          |

dengan :

$$\text{JKA} = \frac{\sum_{p=1}^i X_{\bar{p}}^2}{jl} - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{npq})^2}{ijl}$$

$$\text{JKB} = \frac{\sum_{q=1}^j X_{\bar{q}}^2}{il} - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{npq})^2}{ijl}$$

$$\text{JKAB} = \frac{\sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{\bar{p}\bar{q}}^2}{l} - \frac{\sum_{p=1}^i X_{\bar{p}}^2}{jl} - \frac{\sum_{q=1}^j X_{\bar{q}}^2}{il} - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{npq})^2}{ijl}$$

$$\text{JKRA} = \frac{\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i X_{np}^2}{j} - \frac{\sum_{p=1}^i X_{\bar{p}}^2}{jl} - \frac{\sum_{n=1}^l X_{n\bar{.}}^2}{ij} - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{npq})^2}{ijl}$$

$$\text{JKRB} = \frac{\sum_{n=1}^l \sum_{q=1}^j X_{nq}^2}{i} - \frac{\sum_{q=1}^j X_{\bar{q}}^2}{il} - \frac{\sum_{n=1}^l X_{n\bar{.}}^2}{ij} - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{npq})^2}{ijl}$$

$$\text{JKRAB} = \sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{npq}^2 - \frac{\sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{\bar{p}\bar{q}}^2}{l} - \frac{\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i X_{np\bar{.}}^2}{j} - \frac{\sum_{n=1}^l \sum_{q=1}^j X_{n\bar{q}}^2}{i} - \frac{\sum_{q=1}^j X_{\bar{q}}^2}{il} - \frac{\sum_{n=1}^l X_{n\bar{.}}^2}{ij} - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{npq})^2}{ijl}$$

$$\text{JKT} = \sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{npq}^2 - \frac{(\sum_{n=1}^l \sum_{p=1}^i \sum_{q=1}^j X_{npq})^2}{ijl}$$

JK Wit. Subject = JKA + JKB + JKAB + JKRA + JKRB + JKRAB

JK Bet. Subject = JKT – JK Wit. Subject